Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(ehem. Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Vergleichende Untersuchungen über Dichtigkeit, Wasseraufnahme und Löslichkeit von provisorischen Füllmaterialien

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Hans-Georg Ruisinger
aus Stuttgart

1965

8304

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(ehem. Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Vergleichende Untersuchungen über Dichtigkeit, Wasseraufnahme und Löslichkeit von provisorischen Füllmaterialien

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Hans-Georg Ruisinger
aus Stuttgart

1965

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Dekan: Professor Dr. W. Schulte

1.Berichterstatter: Professor Dr. A. Kröncke
2.Berichterstatter: Professor Dr. Dr. E. Fröhlich

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

Meinen Eltern gewidmet

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

I Einleitung und Problemstellung

II Literaturübersicht

III Material und Methoden

A. Material

B. Methoden

1. Herstellung der Untersuchungskörper

2. Untersuchungen auf Dichtigkeit

a. Prinzip der Methode

b. Vorversuche

c. Hauptversuche

3. Untersuchungen auf Wasseraufnahme

a. Prinzip der Methode

b. Vorversuche

c. Hauptversuche

4. Untersuchungen auf Löslichkeit

a. Prinzip der Methode

b. Vorversuche

c. Hauptversuche

5. Statistische Fehlerberechnung

IV Ergebnisse

V Diskussion der Ergebnisse

VI Zusammenfassung

VII Literaturverzeichnis

Lebenslauf

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Untersuchungen über provisorische Füllmaterialien finden wir bereits in der Literatur des 19. Jahrhunderts erwähnt. Schon MILLER (13) und PREISWERK (18) schreiben darüber und geben dabei Kollodiumwatte, Guttapercha, Fletchers Artificial Dentine, Zinkenol und Zinkphosphatzement als Beispiele an. SCHEFF (20) erwähnt als ältestes Zement die Pariser Zahnkittmasse, deren Pulver aus Zinkoxyd und Glas und deren Flüssigkeit aus Zinkchlorid besteht.

Die temporären Füllungsmaterialien spielen eine bedeutende Rolle innerhalb der Zahnheilkunde, da sie ein sehr zweckmäßiges Mittel darstellen, um präparierte Kavitäten vorübergehend abzudecken oder medikamentöse Einlagen einzuschließen. Sie stellen also eine Art Wundverband gegenüber der Dentinwunde dar, und außerdem beschränken sie die Wirkung einer medikamentösen Einlage auf den Applikationsort und verhindern, daß das Medikament durch Speichel verdünnt und unwirksam wird. Eine außerordentliche Gefahr für den Zahnhalteapparat besteht, wenn für eine Arsen-Einlage ein Verschlußmittel verwendet wird, das keine absolute Dichtigkeit aufweist.

Die Bedeutung provisorischer Verschlußmittel bei Wurzelbehandlungen liegt darin, daß sie das Gewebe vor einer Infektion oder Reinfektion von der Mundhöhle her schützen sollen. Die Dichtigkeit ist also unbedingte Voraussetzung für eine aseptische Wurzelbehandlung.

Um die große Anzahl der temporären Verschlußmaterialien in ein vergleichendes System einordnen zu können, müssen sie auf Grund von

experimentellen Untersuchungen in ihren Eigenschaften einander gegenübergestellt werden.

Provisorische Füllungsmittel sind im Munde den gleichen vielseitigen Beanspruchungen unterworfen wie die definitiven Materialien, und aus diesem Grunde müssen auch sie den mechanischen und chemischen Einflüssen gewachsen sein.

Die Anforderungen, die MILLER (13) an die temporären und definitiven Verschlußmittel stellt, sollen in einigen Punkten aufgeführt werden:

1. Genügende Härte, damit im Mund durch mechanische Einflüsse kein übermäßige Abnützung oder Änderung der Gestalt hervorgerufen wird.
2. Unveränderlichkeit der Form und des Volumens.
3. Geringe Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit.

WANNENMACHER (23) fordert eine leichte Verarbeitbarkeit, die Unschädlichkeit für Pulpa und Parodontium und die Undurchlässigkeit für Bakterien und Mundflüssigkeit.

WALKHOFF und HESS (22) stellen die Forderung, daß der Abschluß der Kavität so dicht ist, daß weder eingelegte Medikamente - flüssig oder gasförmig - in die Mundhöhle entweichen noch Bakterien oder Mundflüssigkeit in die Kavität gelangen.

Auf Grund der großen Anzahl der heute im Handel erhältlichen provisorischen Verschlußmittel und der Suche nach einem Material, das unseren Anforderungen weitgehend nachkommt, haben wir es uns zur

Aufgabe gemacht, eine Reihe von Materialien zu untersuchen, die uns von verschiedenen Firmen zur Verfügung gestellt worden sind.

Diese Verschlußmaterialien sollen auf folgende Eigenschaften geprüft und einander gegenübergestellt werden:

1. Dichtigkeit
2. Wasseraufnahme
3. Löslichkeit

II. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Bei der Durchsicht von bisher veröffentlichten Arbeiten über provisorische Füllungsmaterialien fanden wir eine Reihe von Autoren, die sich mit diesem Thema beschäftigt haben. Wir wollen diese Arbeiten in der Reihenfolge der zu untersuchenden Eigenschaften und in ihrem zeitlichen Aufeinanderfolgen aufführen.

1. Dichtigkeit

1929 veröffentlichte CSERNYEI (4) eine Arbeit, in der er Guttapercha und Fletcher auf ihre Dichtigkeit gegenüber Flüssigkeiten und Bakterien prüfte. Er brachte Fuchsinpulver in die Pulpakammer von extrahierten Zähnen und verschloß diese mit den Untersuchungsmaterialien. Die Wurzelspitzen dichtete er hermetisch mit Lack und Paraffin ab. Nach zweitägiger Lagerung in Wasser war sowohl dieses als auch das Provisorium rot gefärbt. In seiner 2. Versuchsreihe stellte er unter denselben Voraussetzungen fest, daß sterile Watte in der Pulpakammer durch Lagerung in einer infizierten Brühe ihre Sterilität verloren hatte.

Zwei Jahre später griff FORSTER (5) ein ähnliches Problem auf und prüfte die Durchlässigkeit von Guttapercha für Wasser und Bakterien. Er ließ Wasser in einem einseitig zugeschmolzenen Glasröhrchen auf Guttapercha einwirken, brachte die Versuchsanordnung in ein Vakuum und stellte nach 10 Minuten absolute Dichtigkeit fest. Anschließend nahm er statt Wasser sterile Brühe, brachte das Röhrchen in Bakterienkulturen und erhielt nach einer Woche ein ebenso po-

sitives Ergebnis.

PAPE (15) stellte 1931 in seiner Arbeit fest, daß Plerodont einen sehr hohen Grad von Durchlässigkeit für Arsen aufwies, während er mit Fletcher und besonders Zinkoxyd-Nelkenöl gute Erfolge erzielte. Die mangelnde Dichtigkeit von Plerodont führte er auf das dünnflüssige Anrühren, die schnelle Abbindezeit und die aus diesen beiden Faktoren resultierende mangelnde Aneinanderlagerung der Moleküle zurück.

1931 gab PRAEGER (17) an, daß bei seinen Versuchen mit Plerodont selbst unter ungünstigen Bedingungen nach 2 Tagen nur ein unbedeutender Arsenikdurchtritt zu beobachten war.

ALTE (1) kam 1940 zu dem Ergebnis, daß die künstlichen Dentine den Anforderungen an ein provisorisches Verschlußmittel bezüglich ihrer Dichtigkeit einigermaßen entsprachen, während die Zinkoxyphosphatzemente Plerodont und Ultraphos die Erwartungen nicht erfüllten. ALTE ließ eine Farblösung mit einem Überdruck von 30 mm Flüssigkeitssäule auf die Untersuchungsmaterialien einwirken.

KNAPPWOST (11) berichtete 1949 in seiner Veröffentlichung über die Arsendurchlässigkeit provisorischer Verschlußmittel auf mineralchemischer Grundlage. Er ließ eine Arsenlösung mit einem Überdruck von 10 cm Petroleumsäule auf das Material einwirken und bestimmte nach 1 Tag die durchgängige Arsenmenge mit einer elektrolytischen Mikromethode. Dabei kam er zu dem Ergebnis, daß

Plerodont gegenüber dem Fletcher eine wesentlich größere Arsendurchlässigkeit aufwies.

BERGSTEINER (2) wies 1950 anhand seiner Untersuchungen nach, daß Cavit sowohl Arsenik als auch Bakterien gegenüber eine gute Dichtigkeit ergab, während dies bei Plerodont nicht der Fall war.

1952 stellte KLOEVEKORN (10) fest, daß es bei Aquatin und Cavit-W zu einem langsamen Eindringen einer Methylenblaulösung in das Material kam, wobei die Länge der Verschlußkörper von 5mm nach 8 Tagen noch nicht völlig durchdrungen war.
Die Untersuchungen mit Ultraphos verliefen ungünstiger.

2. Wasseraufnahme und Löslichkeit

Untersuchungen und Veröffentlichungen, die das Thema der Wasseraufnahme und der Löslichkeit provisorischer Verschlußmaterialien behandelt haben, sind von uns in der Literatur nicht gefunden worden.

III. M A T E R I A L UND M E T H O D E N

A. M A T E R I A L

Bei den zu untersuchenden Materialien handelt es sich um handelsübliche Präparate, die uns von verschiedenen Firmen zur Verfügung gestellt wurden, und die heute in der Zahnheilkunde gebräuchlich sind.
Sie sollen kurz in ihrer Herstellung, ihrer chemischen Zusammensetzung und in verschiedenen anderen Punkten beschrieben werden.

1. ZINKOXYSULFAT - ZEMENTE

a. Aquatin (Firma Roessler)

Aquatin gehört zu einer Zementgruppe, die Ende des vorigen Jahrhunderts ihren Namen von dem Engländer T. FLETCHER erhielt, den sogenannten Fletchers Artificial Dentine, die auf der Basis der Zinkoxysulfatzemente aufgebaut sind.
Das Präparat liegt als Pulver mit getrennter Flüssigkeit vor, wobei das Pulver aus Zinkoxyd, entwässertem Zinksulfat und Mastix als Klebemittel zusammengesetzt ist. Als Anrührflüssigkeit wird meistens eine etwa 10-12 %ige Gummiarabikum- oder Dextrinlösung benützt, der man eventuell leicht antiseptisch wirkende Zusätze wie Glycerin, Phenol oder Borax hinzufügen kann.
Nach PLATHNER (16) werden aber auch Präparate hergestellt, die im Pulver bereits alle in Frage kommenden Zusatzmittel enthalten, und die aus diesem Grund mit reinem Wasser oder mit physiologischer Kochsalzlösung angerührt werden können.

Die Reaktion der beteiligten Stoffe kann in folgender Gleichung ausgedrückt werden:

$$ZnO + ZnSO_4 + H_2O \quad = \quad ZnSO_4 + Zn(OH)_2$$

Es bilden sich also beim Erhärten Zinkoxysulfate.
Eine gewisse Bedeutung hat das Verhältnis zwischen Zink-Oxyd und Zinksulfat, das bei einer Verschiebung zu einer Veränderung der Materialeigenschaft führt. So schreibt BOR (3), daß das Material umso schneller erhärtet, je mehr Zinksulfat das Pulver enthält.

b. Aquadentin (Firma Woelm)

Auch das Aquadentin wird der Gruppe der Artificial Dentine zugeordnet.
Es wird als Pulver geliefert und lediglich mit destilliertem Wasser angerührt.
Nach LAURY (12) ist Aquadentin nur ein durch Zinksulfat widerstandsfähig gemachter Gips.
GERLACH (6) beanstandete, daß Aquadentin auf Grund seiner hydrophilen Eigenschaften bei Speichelzutritt nicht genügend schnell erhärte.

2. ZINKOXYPHOSPHAT - ZEMENTE

a. Plerodont (Firma Robisch)

b. Ultraphos (Firma Woelm)

Beide Materialien sind provisorische Verschlußmittel, die in ihrer Zusammensetzung den Phosphatzementen ähnlich sind.

Das Grundmaterial und die Hauptmasse ihres Pulvers ist das Zinkoxyd, das allerdings im Vergleich zum Zinkoxyd des Aquatins einem besonders starken Brennprozeß unterworfen ist. Als Anrührflüssigkeit wird Orthophosphorsäure (30 %) benützt.

Über den genauen Aufbau konnten wir nichts in Erfahrung bringen.

Der Vorteil dieser beiden temporären Verschlußmittel ist nach GERLACH (7) ihre schnelle und vollständige Erhärtung selbst unter Einfluß von Speichel oder Wasser und die Tatsache, daß sie auf Grund ihrer tropfbaren Konsistenz ohne Druck in die Kavität gebracht werden können.

3. ZINKOXYD - NELKENÖL (Firma Kettenbach)

Das Präparat wird, wie schon der Name sagt, aus Zinkoxyd und Nelkenöl (Oleum caryophylli) hergestellt.

Das Nelkenöl ist ein ätherisches Öl, das aus den Blütenknospen und Blättern von Gewürznelken ausgepresst und dann destilliert wird.

Nach SOBKOWIAK (21) ist Nelkenöl also ein Destillationsprodukt und besteht aus 70-80 % Eugenol, 2-3 % Aceteugenol, etwas Essigsäure, Methylalkohol, Furfurol, Methylamylketon und Vanillin.

Der Hauptbestandteil des Nelkenöls, das Eugenol, ist im Gegensatz zu diesem ein chemisch genau definierter Stoff, ein Phenolderivat.

Das Nelkenöl ist eine fast farblose Flüssigkeit mit intensivem Nelkengeruch, die an der Luft durch Oxydation eine gelb-

lich-bräunliche Farbe annimmt.

Das Zinkoxyd geht mit Nelkenöl keine chemische Verbindung ein, sondern es handelt sich lediglich um einen physikalisch-chemischen Vorgang. Da beim Erhärtungsvorgang also keine neuen chemischen Verbindungen entstehen, wird es auch nicht zu den Zementen gerechnet.

Besondere Beachtung findet das Zinkoxyd-Nelkenöl wegen seiner wasserabstoßenden Wirkung, seiner desinfizierenden Eigenschaften und seiner anästhesierenden Komponente.

Nach HÄUPL (8) kann die Abbindezeit, die im Durchschnitt 10-15 Minuten beträgt, durch Zusatz von Zinkazetat und Aluminiumnitrat noch beschleunigt werden.

4. GUTTAPERCHA (Firma De Trey)

Guttapercha wurde 1847 von Bennett in die Zahnheilkunde eingeführt.

Sie wird von Bäumen der Isonandraarten (Sumatra) durch Anzapfen gewonnen, wobei man zunächst eingedickten Milchsaft erhält, aus dem auf dem Weg verschiedener Verfahren Guttapercha hergestellt wird.

In Form von Stangen, Platten und Pellets finden wir sie im Handel.

Nach HÄUPL (8) enthält die reine Guttapercha für zahnärztliche Zwecke Zusätze wie Zinkoxyd, Quarzmehl oder Schlämmkreide, um eine genügende Festigkeit zu erlangen.

Durch Einwirkung von Wärme ändert sie, je nach deren Intensität, ihre Konsistenz:

50° C	: weich
50-100° C	: plastisch und fadenziehend
100° C	: klebrig
100-150° C	: schmelzend unter Zersetzung

Beim Erwärmen soll Guttapercha nicht in die Flamme gehalten werden, da sie sonst durch Überhitzung ihre Eigenschaften verliert und porös wird.
Guttapercha kann außer ihrer Aufgabe als provisorisches Verschlußmittel auf Grund ihrer Fähigkeit im Speichel aufzuquellen vorteilhaft zum Auseinanderdrängen engstehender Zähne, dem sogenannten "Separieren", oder zum Verdrängen von Zahnfleisch aus einer Kavität benützt werden.

5. PLASTISCHE FERTIGPRÄPARATE

a. Cavit-W (Firma Espe)

Cavit-W kam zum ersten Mal 1948 in den Handel.
Nach PLATHNER (16) enthält es außer Fletcherpulver hochpolymere Kunststoffbeigaben.
Neben der Kunststoffbasis spielen noch Alginate und verschiedene Zusätze eine Rolle (HÄUPL und Mitarbeiter (9)).
Nach KLOEVEKORN (10) handelt es sich bei Cavit um ein Präparat, in dem anorganisches Zement, wasserlöslicher Kunststoff und ein wasserlösliches Lösungsmittel vorhanden sind. Unter Wasser oder Speichel dringen diese in die Masse ein, sodaß die anorganischen Bestandteile sowie der Kunststoff erhärten, während das Lösungsmittel abdiffundiert.

Folgende Aufbaustoffe wurden von der Firma Espe angegeben:
Zinkoxyd, Zinksulfat, Calciumsulfat, Glykolazetat, Triäthanolamin, Polyvinyl- und Polyvinylchlorid-Azetat und Farbstoffe.

b. Pro-17 (Firma Merz)

Irgendwelche Angaben über Pro-17 haben wir nicht gefunden. Es handelt sich hierbei um ein Fertigpräparat ähnlicher Konsistenz und Verarbeitung wie das zuvor beschriebene Cavit.

B. M E T H O D E N

Die Untersuchungen sind rein experimenteller Art. Wir hielten es aber für angebracht, eine gewisse Annäherung an die Mundverhältnisse zu erreichen, um auf diese Art Ergebnisse zu erhalten, die auch für den Praktiker von Nutzen sind. Aus diesem Grund haben wir bei allen Versuchen eine wasserdampfgesättigte Atmosphäre und eine Temperatur von 37° C benützt.

1. HERSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSKÖRPER

Das Pulver der fünf anzumischenden Verschlußmaterialien (Aquatin, Aquadentin, Plerodont, Ultraphos, Zinkoxyd-Nelkenöl) wird abgewogen und die Anrührflüssigkeit mittels einer Pipette zugegeben.

Das Anrühren geschieht auf einer Thermoanrührflasche, die mit Wasser von 18° C gefüllt ist, und die es uns möglich macht, die Temperatur mit einem Thermometer ständig zu kontrollieren und konstant zu halten.

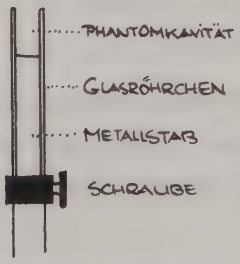
Die Anrührtechnik wird nach den Vorschriften und Anleitungen der einzelnen Firmen durchgeführt.

Nach einer Anrührzeit, die bei allen Materialien außer Zinkoxyd-Nelkenöl 30 Sekunden betrug, wurde sofort die Phantomkavität, die zu den Untersuchungen über Dichtigkeit benützt wurde, gestopft, bzw. die Körper für die Untersuchungen auf Wasseraufnahme und Löslichkeit hergestellt.

a. Dichtigkeit

Die Glasröhrchen, die wir für die Dichtigkeitsprüfungen

benützt haben, wiesen eine Länge von 6 cm und einen Innendurchmesser von 0,5 cm auf.
Ein Metallstab, der dem Innendurchmesser des Röhrchens entsprach, wurde eingeführt und dem einen Röhrchenende bis auf 7 mm genähert. In dieser Stellung fixierten wir das Röhrchen mittels einer Schraube, brachten das Material in die so entstandene "Kavität" und entfernten nach dessen Abbinden den Metallstab.



b. Wasseraufnahme und Löslichkeit

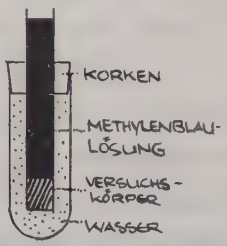
Für beide Versuchsreihen haben wir unsere Proben auf dieselbe Art hergestellt.
Das Material wurde in einen Glasring eingebracht, der eine Höhe von 6 mm und einen Innendurchmesser von 5 mm aufwies. Nach dem Abbinden wurde der Prüfling in toto daraus entfernt.

Sämtliche Versuchskörper wurden anschließend für 24 Stunden im Brutschrank bei wasserdampfgesättigter Atmosphäre und einer Temperatur von 37° C gelagert.
Darauf folgten Vor- und Hauptuntersuchungen.

2. UNTERSUCHUNGEN AUF DICHTIGKEIT

a. Prinzip der Methode

Nach der Aufbewahrungszeit von 24 Stunden im Brutschrank wurden die Röhrchen vom offenen Ende her mit einer Methylenblaulösung (1 g/1) gefüllt, anschließend in ein Reagenzglas mit Wasser gebracht und darin mittels eines durchbohrten Korken fixiert.



Die Höhe der Farblösung betrug 40 mm, während die äußere Wassersäule im Reagenzglas eine Höhe von 30 mm hatte, sodaß die Methylenblaulösung mit einem Überdruck von 20 mm Flüssigkeitssäule auf die Zementproben einwirken konnte.
Nach einer Einwirkungsdauer der Farblösung zwischen 1-15 Tagen wurden die Proben aus dem Röhrchen entfernt und 3 Tage zum Austrocknen gelagert, anschließend zerteilt und die Eindringtiefe der Methylenblaulösung mit einem Mikroskop mit Skaleneinteilung gemessen.
Die Verfärbung des Materials war sehr deutlich und ihre Grenzen fast immer genau zu bestimmen. Es trat aber die Frage auf, ob wir den unterschiedlich intensiven Farbzonen, die auftraten, eine größere Bedeutung widmen oder nur die absoluten Werte der Verfärbung messen sollten.
Wir haben uns für letzteres entschieden, da es uns im Rahmen dieser Arbeit, die doch in ihren Ergebnissen Bedeutung für die allgemeine Praxis haben sollen, sinnvoller erschien.

b. Vorversuche

In diesen Vorversuchen wollen wir die Abhängigkeit der Dichtigkeit vom Mischungsverhältnis der einzelnen Materialien, d.h. vom Verhältnis Pulvermenge zu Flüssigkeitsmenge prüfen. Das gilt also für die Materialien, die aus Pulver und Flüssigkeit bestehen und zu Versuchszwecken angerührt werden müssen: Aquatin, Aquadentin, Plerodont, Ultraphos, Zinkoxyd-Nelkenöl. Dabei gingen wir so vor, daß wir bei allen Untersuchungsmaterialien außer Zinkoxyd-Nelkenöl stets die Pulvermenge konstant hielten (400 mg), während wir die Flüssigkeitsmenge um 25 oder 50 mg steigerten. Bei Zinkoxyd-Nelkenöl dagegen benutzten wir eine konstante Flüssigkeitsmenge von 100 mg, variierten aber die Pulvermenge um je 50 mg. Wir wählten pro Material 4-5 Mischungsverhältnisse und stellten dafür jeweils 32-40 Untersuchungskörper her, an denen wir unsere Messungen vornahmen. Von diesen Proben wurden jeweils 8 nach dem 1., 4., 10. und 15. Tag untersucht.

Die Konsistenz, welche die besten Ergebnisse aufwies und außerdem noch gut zu verarbeiten war, wurde von uns als "Idealmischung" angenommen und für die Hauptuntersuchungen benutzt.

Für jedes Material wurden die Ergebnisse einzeln in ei-

ner Tabelle aufgeführt (Tab. 1a-e). Anschließend haben wir die "idealen" Mischungsverhältnisse einander gegenübergestellt (Táb. 1f).

Die einzelnen Zahlen stellen jeweils einen Mittelwert dar.

Die Dauer der Einwirkungszeit der Farblösung betrug 1, 4, 10 und 15 Tage.

Tab. 1a

Aquatin

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 150 auf 250 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen 1	4	10	15
1 : 0,37	0,25	0,86	1,12	1,27
1 : 0,43	0,40	1,02	1,32	1,80
1 : 0,50	0,41	1,00	1,80	2,40
1 : 0,56	0,41	1,10	1,89	2,40
1 : 0,625	0,44	1,20	1,92	2,80

Das beste Ergebnis war bei Mischungsverhältnis 1 : 0,37.

Tab. 1b

Aquadentin

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 250 auf 350 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen 1	4	10	15
1 : 0,625	1,32	2,80	5,23	6,41
1 : 0,69	2,04	3,15	5,61	6,50
1 : 0,75	2,20	3,18	5,69	+
1 : 0,81	2,35	3,60	6,20	+
1 : 0,87	2,64	3,92	6,30	+

Das beste Ergebnis war beim Mischungsverhältnis 1 : 0,625.

+ Werte über 6,5 mm wurden wegen ihrer praktischen Bedeutungslosigkeit nicht registriert.

Tab. 1c

Plerodont

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 200 auf 275 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen 1	4	10	15
1 : 0,50	3,81	5,84	6,40	+
1 : 0,56	4,02	5,90	6,50	+
1 : 0,625	4,10	5,93	+	+
1 : 0,69	4,10	6,21	+	+

Das beste Ergebnis war beim Mischungsverhältnis 1 : 0,50.

+ Werte über 6,5 mm wurden wegen ihrer praktischen Bedeutungslosigkeit nicht registriert.

Tab. 1d

Ultraphos

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 250 auf 325 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen 1	4	10	15
1 : 0,625	1,20	2,14	6,30	6,50
1 : 0,69	4,23	6,50	+	+
1 : 0,75	5,60	6,50	+	+
1 : 0,82	5,42	6,50	+	+

Das beste Ergebnis war beim Mischungsverhältnis 1 : 0,625.

+ Werte über 6,5 mm wurden wegen ihrer praktischen Bedeutungslosigkeit nicht registriert.

Tab. 1e

Zinkoxyd-Nelkenöl

Pulvermenge : steigend um je 50 mg von 450 auf 550 mg
Flüssigkeitsmenge : 100 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen 1	4	10	15
4,5 : 1	0,20	0,35	0,35	0,35
5,0 : 1	0,19	0,30	0,35	0,35
5,5 : 1	0,21	0,33	0,35	0,36

Die Ergebnisse unterschieden sich nur in minimalen und unbedeutenden Werten.

Wir können also sagen, daß bei Aquatin, Aquadentin, Plerodont und Ultraphos eine direkte Beziehung zwischen dem Grad der Dichtigkeit und dem Mischungsverhältnis besteht: Bei steigender Flüssigkeitsmenge kommt es zu einer Verminderung der Dichtigkeit. Bei Zinkoxyd-Nelkenöl konnten wir keine Abhängigkeit feststellen, da sich bei allen Mischungsverhältnissen die Werte der Messungen in unbedeutender Größe unterschieden.

Wir wollen nun diejenigen Mischungsverhältnisse der einzelnen Materialien mit den besten Ergebnissen zusammenfassen:

Tab. 1f

Material	Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit
Aquatin	1 : 0,37
Aquadentin	1 : 0,625
Plerodont	1 : 0,50
Ultraphos	1 : 0,625
Zinkoxyd-Nelkenöl	1 : 0,20

Die unter diesen Bedingungen angemischten Materialien, die auch in ihrer Verarbeitungsmöglichkeit den praktischen Anforderungen entsprachen, wurden für die Hauptuntersuchungen übernommen.

c. Hauptversuche

Mit den in den Vorversuchen gewonnenen besten Mischungsverhältnissen der betreffenden 5 Materialien, mit den plastischen Fertigpräparaten Cavit-W und Pro-17 und mit Guttapercha wurden die Hauptuntersuchungen durchgeführt.
Von jedem Material, ausgenommen Plerodont und Ultraphos, stellten wir 25 Versuchskörper her, von denen wir jeweils 5 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen untersuchten.
Bei Plerodont und Ultraphos änderten wir die Versuchsbedingungen, indem wir die Einwirkungszeit der Farblösung auf 1, 2, 5 und 10 Tage verkürzten, da wir in unseren Vorversuchen bei diesen beiden Materialien nach einem Zeitraum von 10 Tagen bereits Werte über 6,5 mm Eindringtiefe gemessen hatten, die aber praktisch bedeutungslos sind.

3. UNTERSUCHUNGEN AUF WASSERAUFNAHME

a. Prinzip der Methode

Die Materialproben wurden nach 24 Stunden aus dem Brutschrank entnommen und in Wasser von 37° C gelegt.
Nach einer bestimmten Zeitdauer, die bei den Vorversuchen 5 und 8 Tage, bei den Hauptversuchen 2 und 6 Tage betrug, wurde die absolute Wasseraufnahme als Differenz zwischen dem Gewicht der Probekörper vor und nach dem Versuch bestimmt und in Prozenten ausgedrückt.
Um durch oberflächlich haftende Wassertropfen eine Ungenauigkeit der Messungen zu vermeiden, wurden die Prüf-

körper jeweils 1 Sekunde mit ihren beiden Kreisflächen einem Fließpapier aufgelegt.
Die Messungen wurden mit einer Analysenwaage durchgeführt.

b. Vorversuche

Die Aufgabe dieser Voruntersuchungen ist, wie schon ähnlich im Kapitel "Dichtigkeit" beschrieben wurde, die Abhängigkeit der Wasseraufnahme vom Verhältnis Pulver : Flüssigkeit zu prüfen. Auch hier wurde die Pulvermenge konstant gehalten (400 mg) und die Menge der Flüssigkeit variiert. Eine Ausnahme bildete wiederum Zinkoxyd-Nelkenöl.
Von jedem Mischungsverhältnis stellten wir 7 Versuchskörper her, untersuchten sie nach 5 und 8 Tagen auf ihre Gewichtszunahme und übernahmen dann für die Hauptuntersuchungen die Konsistenzen mit den besten Ergebnissen.

Die Ergebnisse wurden in Tabellen (Tab. 2a-e) aufgezeichnet, wobei wir so vorgingen, daß wir die Gewichtszunahme gegenüber dem Anfangsgewicht jeweils in Prozenten ausdrückten und dann für jedes Mischungsverhältnis den Mittelwert aus den 7 Messungen errechneten.
Anschließend wurden die "idealen" Mischungsverhältnisse einander gegenübergestellt (Tab. 2f).

Tab. 2a

Aquatin

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 150 auf 250 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Durchschnittl. Wasseraufnahme in % nach Tagen	
	5	8
1 : 0,37	0,62	0,48
1 : 0,43	0,64	0,49
1 : 0,50	0,66	0,52
1 : 0,56	0,78	0,55
1 : 0,625	0,75	0,62

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Einzelmessungen dar.

Das Mischungsverhältnis 1 : 0,37 zeigt die geringste Wasseraufnahme.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 0,16 %.

Tab. 2b

Aquadentin

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 250 auf 350 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Durchschnittl. Wasseraufnahme in % nach Tagen 5	8
1 : 0,625	1,60	1,38
1 : 0,69	1,71	1,55
1 : 0,75	1,75	1,67
1 : 0,81	2,10	1,99
1 : 0,87	2,39	2,22

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Einzelmessungen dar.

Das Mischungsverhältnis 1 : 0,625 zeigt die geringste Wasseraufnahme.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 0,8 %.

Tab. 2c

Plerodont

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 200 auf 270 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Durchschnittl. Wasseraufnahme in % nach Tagen 5	8
1 : 0,5	0,43	0,27
1 : 0,56	0,44	0,29
1 : 0,625	0,44	0,30
1 : 0,69	0,52	0,43

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Einzelmessungen dar.

Das Mischungsverhältnis 1 : 0,5 zeigt die geringste Wasseraufnahme.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 0,1 %.

Tab. 2d

Ultraphos

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 250 auf 325 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Durchschnittl. Wasseraufnahme in % nach Tagen 5	8
1 : 0,625	0,96	0,83
1 : 0,69	1,17	0,94
1 : 0,75	1,21	0,97
1 : 0,82	1,11	0,83

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Einzelmessungen dar.

Das Mischungsverhältnis 1 : 0,625 zeigt die geringste Wasseraufnahme.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 0,15 %.

Tab. 2e

Zinkoxyd-Nelkenöl

Pulvermenge : steigend um je 50 mg von 450 auf 550 mg
Flüssigkeitsmenge : 100 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Durchschnittl. Wasseraufnahme in % nach Tagen 5	8
4,5 : 1	0,96	0,84
5,0 : 1	0,84	0,77
5,5 : 1	0,79	0,75

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Einzelmessungen dar.

Das Mischungsverhältnis 5,5 : 1 (= 1 : 0,18) zeigt die geringste Wasseraufnahme.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 0,17 %.

Somit kommen wir zu folgenden Ergebnissen:

1. Mit zunehmender Flüssigkeitsmenge kam es bei allen Materialien zu einer gleichmäßigen Steigerung der Wasseraufnahme, die allerdings bei Aquatin und Ultraphos bei der jeweils höchsten Flüssigkeitsmenge wieder abfiel.
   Die Differenz zwischen den höchsten und tiefsten Werten, die wir bei den einzelnen Mischungsverhältnissen innerhalb einer Materialuntersuchung erhielten, waren relativ klein und lagen bei allen, außer bei Aquadentin, wo wir den Wert 0,8 % erhielten, zwischen 0,1 und 0,2 %.
   Bei Zinkoxyd-Nelkenöl kam es bei zunehmender Pulvermenge zu einer gleichmäßigen Verminderung der Wasseraufnahme.
2. Die Menge des aufgenommenen Wassers war nach 8 Tagen geringer als nach 5 Tagen. Die Ursache ist darin zu finden, daß zwischen dem 5. und 8. Tag bereits Lösungsvorgänge des Materials eingetreten waren, die in ihrer Größenordnung die einer eventuellen weiteren Wasseraufnahme übertrafen.

Wir wollen nun diejenigen Mischungsverhältnisse der einzelnen Materialien mit der geringsten Wasseraufnahme zusammenfassen, die wir auch später für die Hauptuntersuchungen übernommen haben. Eine Ausnahme bildet Zinkoxyd-Nelkenöl, wo wir aus Gründen der besseren Verarbeitungsmöglichkeit das Mischungsverhältnis 5,0 : 1 (= 1 : 0,2) benutzten.

Tab. 2f

Material	Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit
Aquatin	1 : 0,37
Aquadentin	1 : 0,625
Plerodont	1 : 0,50
Ultraphos	1 : 0,625
Zinkoxyd-Nelkenöl	1 : 0,20

c. Hauptversuche

Mit den in den Vorversuchen gewonnenen Konsistenzen der betreffenden 5 Materialien (Tab. 2f) stellten wir je 12 Prüfkörper her. Das gleiche führten wir mit den Fertigpräparaten Cavit-W, Pro-17 und Guttapercha durch. Da wir auf Grund der Ergebnisse der Vorversuche zu der Erkenntnis gelangt waren, daß sich zwischen der Messung am 5. und 8. Tag bereits Lösungsvorgänge der Materialien vollzogen hatten, haben wir die Versuchsdauer auf 2 und 6 Tage verkürzt.

4. UNTERSUCHUNGEN AUF LÖSLICHKEIT

a. Prinzip der Methode

Das Gewicht der Probekörper wurde nach 6-tägiger Lagerung in Wasser und einer anschließenden Austrocknungszeit von 10 Tagen mit einer Analysenwaage bestimmt, und aus der Differenz zum Anfangsgewicht die Menge des gelösten Stoffes errechnet.

b. Vorversuche

Auf die Erklärungen über die Aufgabe dieser Vorversuche und die Art wie sie durchgeführt wurden wollen wir hier verzichten und auf die Kapitel 2b und 3b verweisen, wo wir es in entsprechender Form beschrieben haben.
Wir möchten uns auf die Tabellen, ihre Erläuterung und eine anschließende Zusammenfassung beschränken.

Tab. 3a

Aquatin

Pulvermenge : 400 mg

Flüßigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 150 mg auf 250 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüßigkeit	Menge des gelösten Materials in % nach 6 Tagen
1 : 0,37	11,90
1 : 0,43	14,34
1 : 0,50	15,63
1 : 0,56	16,12
1 : 0,625	17,55

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Messungen dar.
Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 5,6 %.

Tab. 3b

Aquadentin

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 250 auf 350 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Menge des gelösten Materials in % nach 6 Tagen
1 : 0,625	15,49
1 : 0,69	16,33
1 : 0,75	16,81
1 : 0,81	17,39
1 : 0,87	17,62

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Messungen dar.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 2,1 %.

Tab. 3c

Plerodont

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 200 auf 275 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Menge des gelösten Materials in % nach 6 Tagen
1 : 0,50	7,66
1 : 0,56	8,14
1 : 0,625	8,68
1 : 0,69	9,23

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Messungen dar.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 1,6 %.

Tab. 3d

Ultraphos

Pulvermenge : 400 mg
Flüssigkeitsmenge : steigend um je 25 mg von 250 auf 350 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Menge des gelösten Materials in % nach 6 Tagen
1 : 0,625	7,71
1 : 0,69	8,16
1 : 0,75	8,47
1 : 0,82	9,23

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Messungen dar.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 1,5 %.

Tab. 3e

Zinkoxyd-Nelkenöl

Pulvermenge : steigend um je 50 mg von 450 auf 550 mg
Flüssigkeitsmenge : 100 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Menge des gelösten Materials in % nach 6 Tagen
4,5 : 1	2,03
5,0 : 1	2,03
5,5 : 1	1,98

Jede Zahl stellt einen Mittelwert aus 7 Messungen dar.

Die Differenz zwischen höchstem und geringstem Wert beträgt 0,05 %.

Bei steigender Flüssigkeitsmenge ist es also zu einer Zunahme der Löslichkeit gekommen.
Abschließend wollen wir eine Übersicht geben über die besten Mischungsverhältnisse der einzelnen Materialien:

Aquatin	1 : 0,37
Aquadentin	1 : 0,625
Plerodont	1 : 0,50
Ultraphos	1 : 0,625
Zinkoxyd-Nelkenöl	1 : 0,20

Am Ende aller Vorversuche, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, konnten wir feststellen, daß bei sämtlichen Materialien jeweils 1 Mischungsverhältnis die besten Ergebnisse für alle 3 Arten der Untersuchungen ergab.

c. Hauptversuche

Die in den Vorversuchen gewonnenen Konsistenzen der 5 betreffenden Materialien, sowie Cavit-W, Pro-17 und Guttapercha kamen zur Anwendung.
Es wurden jeweils 12 Versuchskörper hergestellt, die unter den früher angeführten Bedingungen untersucht wurden.

5. STATISTISCHE FEHLERBERECHNUNG

Mittelwertberechnung:

Unsere Untersuchungen über die Materialien stellen eine willkürliche Auslese dar, die aus einer Grundgesamtheit von gleichartigen Prüfungen getroffen wurde. Mit steigender Zahl der Einzelwerte innerhalb dieser Auslese kommt es zu einer Annäherung ihres arithmetischen Mittelwertes ($\bar{x}$) an das arithmetische Mittel der Grundgesamtheit. Dieses ist innerhalb der Grenzen zu suchen, die durch die Standardabweichung des Mittelwertes ($s_{\bar{x}}$) bestimmt werden (WEBER (24)).
Die Standardabweichung wird nach folgender Formel berechnet (WEBER (24)):

$$s_{\bar{x}} = \mp \sqrt{\frac{Ex_1^2 - \bar{x}Ex_i}{N(N-1)}}$$

Hierbei bedeuten:

N = Anzahl der Einzelwerte (Umfang der willkürlichen Auslese)

N-1 = Freiheitsgrad (n)

x_i = Einzelwert (x_1, x_2, x_3,.....usw.)

$\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert

s = Streuung der Auslese

$s_{\bar{x}}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

IV. E R G E B N I S S E

Wir wollen anhand von Tabellen und Statistiken die Ergebnisse unserer Untersuchungen angeben, wobei wir die Reihenfolge der Materialien und der Methoden aus den vorhergehenden Kapiteln übernehmen.

1. DICHTIGKEIT

Tab. 4a

Aquatin

Zur Untersuchung kamen 30 Materialproben mit dem Mischungsverhältnis 1 : 0,37, von denen jeweils 6 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen geprüft wurden.

Material-proben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	0,24
7-12	4	0,81
13-18	7	1,05
19-24	12	1,29
25-30	15	1,58

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

Tab. 4b

Aquadentin

Zur Untersuchung kamen 30 Materialproben mit dem Mischungsverhältnis 1:0,625 , von denen jeweils 6 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen geprüft wurden.

Materialproben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	1,29
7-12	4	2,94
13-18	7	4,70
19-24	12	6,10
25-30	15	über 6,50

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

Tab. 4c

Plerodont

Zur Untersuchung kamen 24 Materialproben mit dem Mischungsverhältnis 1:0,5, von denen jeweils 6 nach 1, 2, 5 und 10 Tagen geprüft wurden.

Materialproben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	4,05
7-12	2	6,14
13-18	5	über 6,50
19-24	10	über 6,50

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

Tab. 4d

Ultraphos

Zur Untersuchung kamen 24 Materialien mit dem Mischungsverhältnis 1:0,625, von denen jeweils 6 nach 1, 2, 5 und 10 Tagen geprüft wurden.

Materialproben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	1,59
7-12	2	2,63
13-18	5	5,91
19-24	10	6,20

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

Tab. 4e

Zinkoxyd-Nelkenöl

Zur Untersuchung kamen 30 Materialproben mit dem Mischungsverhältnis 1:0,2, von denen jeweils 6 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen geprüft wurden.

Materialproben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	0,18
7-12	4	0,34
13-18	7	0,35
19-24	12	0,35
25-30	15	0,35

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

Tab. 4f

Guttapercha

Zur Untersuchung kamen 30 Materialproben, von denen jeweils 6 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen geprüft wurden.

Material-proben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-30	1-15	-

Bei Guttapercha konnte selbst nach einer Versuchsdauer von 15 Tagen kein Eindringen der Methylenblaulösung beobachtet werden.

Tab. 4g

Cavit-W

Zur Untersuchung kamen 30 Materialproben, von denen jeweils 6 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen geprüft wurden.

Material-proben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	1,76
7-12	4	2,64
13-18	7	3,17
19-24	12	3,35
25-30	15	3,88

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

Tab. 4h

Pro-17

Zur Untersuchung kamen 30 Materialproben, von denen jeweils 6 nach 1, 4, 7, 12 und 15 Tagen geprüft wurden.

Material-proben	Versuchsdauer in Tagen	Durchschnittl. Eindringtiefe von Methylenblau in mm
1-6	1	1,64
7-12	4	2,67
13-18	7	3,23
19-24	12	4,82
25-30	15	1,58

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils einen Mittelwert aus 6 Einzelmessungen dar.

Graphische Darstellung Abb. 1

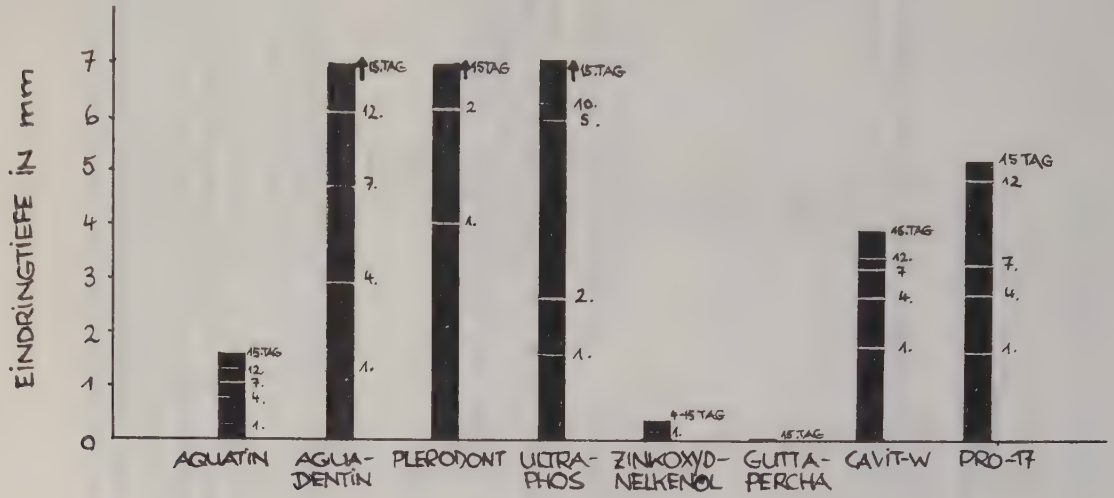


Abb.1. GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER DICHTIGKEIT

[EINDRINGTIEFE FÜR METHYLENBLAU IN ABHÄNGIGKEIT VON TAGEN]

2. WASSERAUFNAHME

Wir fassen die Ergebnisse von je 12 Einzelmessungen, die nach 2 und 6 Tagen untersucht wurden, zusammen und zeichnen in der Tabelle 5a jeweils die Mittelwerte auf.

Weiterhin wollen wir noch für jedes Material die Differenz zwischem dem Maximum- und Minimumwert in jeder Versuchsreihe angeben, um so einen Überblick über den Grad der stärksten Abweichung zu erhalten.

Die Mischungsverhältnisse von Aquatin, Aquadentin, Plerodont, Ultraphos und Zinkoxyd-Nelkenöl sind aus den Voruntersuchungen übernommen worden. Als weitere Materialien kamen Guttapercha, Cavit-W und Pro-17 zur Untersuchung.

Tab. 5a

Material	Mischungsverhältnis	Durchschnittl. Wasseraufnahme in % nach Tagen		Differenz zwischen Maximum- und Minimumwerten in % nach Tagen	
		2	6	2	6
Aquatin	1 : 0,37	0,67	0,62	0,20	0,20
Aquadentin	1 : 0,625	1,65	2,06	0,30	0,27
Plerodont	1 : 0,50	0,98	0,47	0,07	0,10
Ultraphos	1 : 0,625	1,15	0,97	0,34	0,30
Zinkoxyd-Nelkenöl	1 : 0,20	0,86	0,78	0,23	0,19
Guttapercha	-	0,33	0,60	0,11	0,11
Cavit-W	-	2,97	2,64	0,80	0,81
Pro-17	-	3,35	0,38	0,38	0,22

Die Ergebnisse der durchschnittlichen Wasseraufnahme stellen jeweils einen Mittelwert aus 12 Messungen dar.

Die Standardabweichungen für die Messungen werden der Übersichtlichkeit halber in Tab. 5b aufgeführt.

Graphische Darstellung Abb. 2

Tab. 5b

Standardabweichungen der Mittelwerte ($s_{\bar{x}}$) für die einzelnen Materialien.

Material	Standardabweichung ($s_{\bar{x}}$) für die Messung nach Tagen	
	2	6
Aquatin	± 0,014	± 0,057
Aquadentin	± 0,03	± 0,055
Plerodont	± 0,041	± 0,124
Ultraphos	± 0,041	± 0,033
Zinkoxyd-Nelkenöl	± 0,024	± 0,022
Guttapercha	± 0,01	± 0,01
Cavit-W	± 0,093	± 0,087
Pro-17	± 0,066	± 0,028

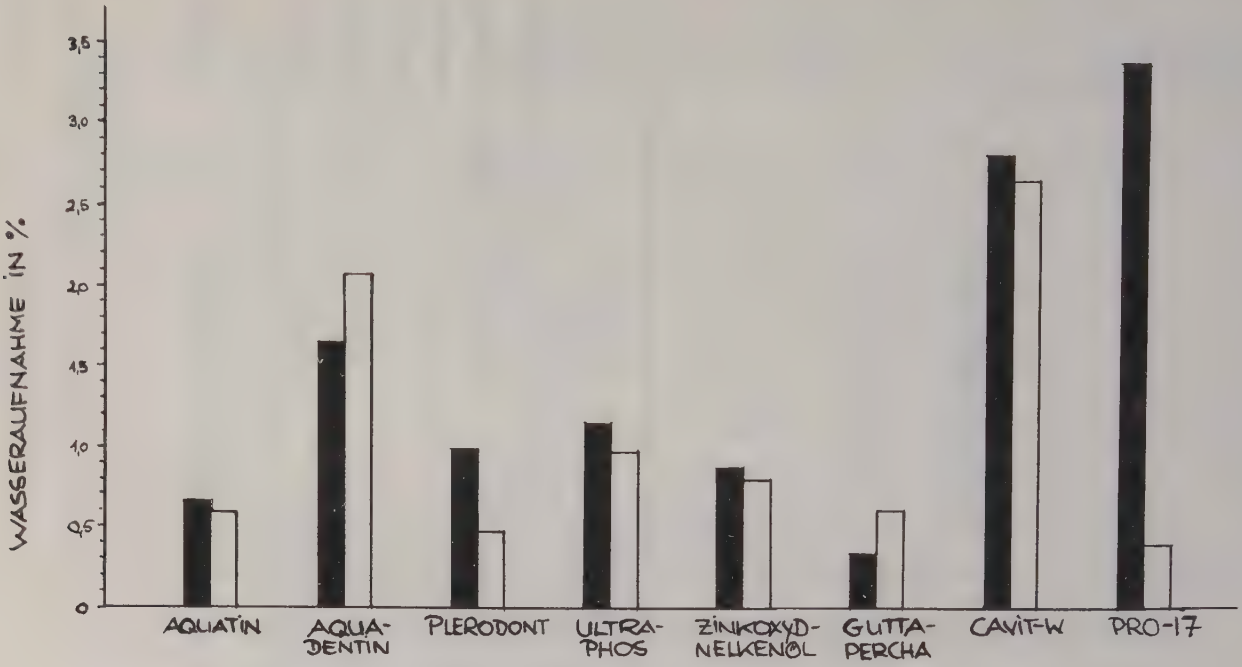


Abb.2. GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER WASSERAUFNAHME

[DURCHSCHNITTL. WASSERAUFNAHME IN % AUS JE 12 EINZELMESSUNGEN]

NACH 2 TAGEN

NACH 6 TAGEN

3. LÖSLICHKEIT

Wir wollen aus Gründen der Übersicht in diesem Kapitel alle Ergebnisse in einer Tabelle (Tab. 6a) aufzeichnen.

Die Mischungsverhältnisse von Aquatin, Aquadentin, Plerodont, Ultraphos und Zinkoxyd-Nelkenöl sind aus den Voruntersuchungen übernommen worden. Als weitere Materialien kamen Guttapercha, Cavit-W und Pro-17 zur Untersuchung.

Es wurden für jedes Material 12 Einzelmessungen durchgeführt. Die Tabelle 6a zeigt ihre Mittelwerte, wobei der Grad der Löslichkeit in Prozenten ausgedrückt wird.

Außerdem haben wir noch für jedes Material die Maximum- und Minimumwerte angegeben, um somit einen Überblick über die stärksten Abweichungen zu erhalten.

Tab. 6a

Material	Mischungsverhältnis	Durchschnittl. Menge des gelösten Materials in % nach 6 Tagen	Maximumwerte in %	Minimumwerte in %
Aquatin	1 : 0,37	11,65	12,32	10,88
Aquadentin	1 : 0,625	15,51	15,89	15,08
Plerodont	1 : 0,5	7,20	7,60	6,92
Ultraphos	1 : 0,625	9,11	9,50	8,66
Zinkoxyd-Nelkenöl	1 : 0,2	2,07	2,20	1,94
Guttapercha	-	0,06	0,08	0,04
Cavit-W	-	3,57	3,64	3,41
Pro-17	-	4,69	4,88	4,57

Die Ergebnisse der durchschnittlichen Löslichkeit der einzelnen Materialien stellen jeweils einen Mittelwert aus 12 Messungen dar. Die Standardabweichungen für die Messungen werden in Tabelle 6b aufgeführt.

Graphische Darstellung Abb. 3.

Tab. 6b

Standardabweichungen der Mittelwerte ($s_{\bar{x}}$) für die einzelnen Materialien.

Material	Standardabweichung ($s_{\bar{x}}$)
Aquatih	± 0,156
Aquadentin	± 0,092
Plerodont	± 0,084
Ultraphos	± 0,096
Zinkoxyd-Nelkenöl	± 0,01
Guttapercha	± 0,003
Cavit-W	± 0,041
Pro-17	± 0,024

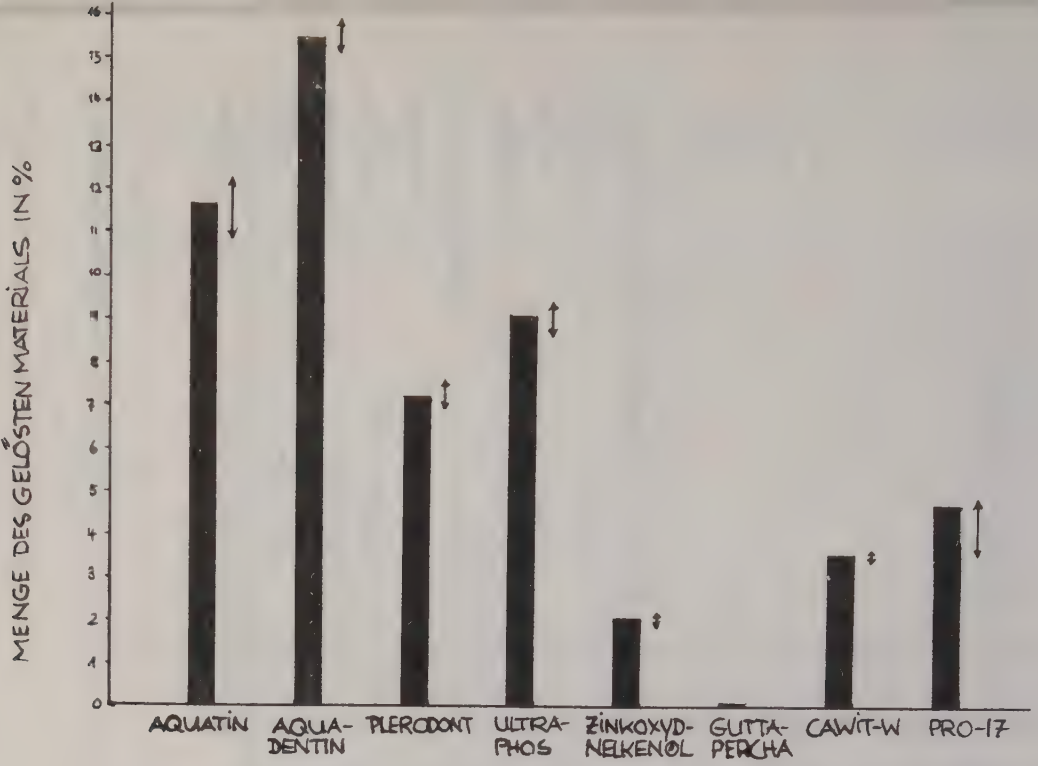


Abb.3. GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER LÖSLICHKEIT

[DURCHSCHNITTL. MENGE DES GELÖSTEN MATERIALS IN %
AUS JE 12 EINZELMESSUNGEN]
DIE PFEILE ZEIGEN DIE MAXIMUM- UND MINIMUMWERTE AN.

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Wir wollen uns in diesem Kapitel der Arbeit zunächst mit den vergleichbaren Ergebnissen früherer Veröffentlichungen befassen und anschließend unsere eigenen Ergebnisse einer kritischen Betrachtung unterziehen.

In den Untersuchungen, die bis heute über dieses Problem veröffentlicht worden sind, haben wir teilweise über ein und dasselbe Material widersprechende Urteile gefunden.
Leider wurden in einigen Arbeiten die Untersuchungen nur rein qualitativ ausgewertet, und so ist auf Grund der fehlenden quantitativen Ergebnisse ein objektiver Vergleich meist nicht möglich.
Die Dichtigkeit eines Materials wurde von den einzelnen Autoren auf verschiedene Weise bestimmt: Undurchlässigkeit für Wasser, für Farblösungen, für Bakterien und für Arsenlösungen.
CSERNYEI (4) gab an, daß nach einer Versuchsdauer von 2 Tagen sowohl Guttapercha als auch Aquatin eine Durchlässigkeit für Wasser und Bakterien aufwies. FORSTER (5), der 2 Jahre später ähnliche Untersuchungen durchführte, stellte bei Guttapercha eine absolute Dichtigkeit sowohl für Wasser als auch für Bakterien fest. Dazu ist allerdings zu bemerken, daß er seine Versuchsdauer auf 10 Minuten beschränkte.
Ohne späteren Ergebnissen vorgreifen zu wollen, können auch wir sagen, daß bei Guttapercha keine Durchlässigkeit festzu-

stellen war, obwohl unsere Untersuchungen bis zu 15 Tage dauerten.

PAPE (15) und KNAPPWOST (11) kamen in ihren Versuchen über Fletcher zu einer relativ geringen Arsendurchlässigkeit, die damit den Ergebnissen von ALTE (1) und KLOEVEKORN (10) entsprachen, die ihre Versuche mittels einer Methylenblaulösung durchgeführt hatten. Leider konnten wir nur die Resultate von KLOEVEKORN (10) zu einem direkten Vergleich heranziehen und stellten dabei fest, daß ihre Werte ungefähr das 4-fache der unsrigen erreichten.

Cavit entspricht nach den Ergebnissen von BERGSTEINER (2), der es auf Dichtigkeit gegen Arsenik und Bakterien untersucht hat, nicht den Anforderungen, die einleitend an ein provisorisches Verschlußmaterial gestellt worden sind. Leider fehlt uns auch hier die Möglichkeit, unseren Werten vergleichende gegenüberzustellen.

Die Untersuchungen, die über Plerodont und Ultraphos gemacht wurden, ergaben ein verhältnismäßig einheitliches Bild: Sowohl für Farblösungen (ALTE, KLOEVEKORN) als auch für Arsenik (KNAPPWOST, PAPE) wurde bereits nach 1-2 Tagen eine Durchlässigkeit nachgewiesen, die eine Anwendung z.B. bei aseptischen Wurzelbehandlungen oder beim Einschluß von Medikamenten zweifelhaft erscheinen ließ.

Eine Ausnahme bilden die Untersuchungen von PRAEGER (17) über Plerodont, der selbst unter ungünstigen Bedingungen nach einer Versuchsdauer von 2 Tagen eine nur unbedeutende und ungefährliche Menge durchgetretenen Arsens gemessen hat.

Auch unsere Untersuchungen über die beiden Zinkoxyphosphatze-

mente ergaben einen relativ hohen Grad von Durchlässigkeit. Die positiven Ergebnisse, die PAPE (15) in seinen Untersuchungen über die Arsendurchlässigkeit für Zinkoxyd-Nelkenöl erhielt, können wir vollauf bestätigen.

Leider konnten in der Literatur keine vergleichbaren Ergebnisse über Prüfungen auf Wasseraufnahme und Löslichkeit gefunden werden.

Nun wollen wir unsere eigenen Ergebnisse diskutieren und sie einer kritischen Beurteilung unterziehen.
Wir haben zunächst einmal versucht, bei denjenigen Materialien, die aus Pulver und Anrührflüssigkeit bestanden, die Abhängigkeit ihrer Eigenschaften vom Mischungsverhältnis festzustellen. Dabei konnten wir beweisen, daß sich die Güte der Materialien umgekehrt proportional zur Menge der Anrührflüssigkeit verhielt, d.h. bei Zunahme des Flüssigkeitsanteil kam es zu einer Verschlechterung der untersuchten Eigenschaften. Die besten Ergebnisse erhielten wir bei gerade noch verarbeitbarer Konsistenz.
Die Prüfungen auf Dichtigkeit wurden mittels einer Farblösung (Methylenblau) durchgeführt. Dabei konnten wir die Eindringtiefe in das Material zahlenmäßig recht genau erfassen.
Bei einzelnen Materialien standen wir vor dem Problem, entweder die auftretenden verschieden intensiven Farbzonen oder nur den absoluten Wert zu beurteilen. Wir haben uns für

letzteres entschieden, weil erkennbare Zonen unterschiedlicher Färbung praktisch bedeutungslos sind.
Die Messungen über die Wasseraufnahme haben nur in begrenztem Umfange praktische Bedeutung.
Die Untersuchungen über Löslichkeit zeigten, daß bei allen provisorischen Verschlußmaterialien Gewichtsverluste durch Lösungsvorgänge eingetreten waren. Wir müssen allerdings anführen, daß unsere Bedingungen - verglichen mit denen in der Mundhöhle - ungünstiger waren.
Die besten Ergebnisse konnten wir bei allen Untersuchungen mit Guttapercha verzeichnen. Sie würde auf Grund der absoluten Dichtigkeit, dem minimalen Grad der Löslichkeit und der einfachen und komplikationslosen Entfernbarkeit die Anforderungen, die einleitend an die provisorischen Füllungsmaterialien gestellt worden sind, nahezu erreichen. Durch ihre mangelnde Randdichtigkeit und Härte verliert sie jedoch an Bedeutung für die Praxis.
Wir haben festgestellt, daß es selbst innerhalb einer Stoffgruppe, wie sie die Zinkoxysulfatzemente (Aquatin und Aquadentin) darstellen, zu sehr erheblichen Unterschieden hinsichtlich ihrer untersuchten Eigenschaften kam.
Die Durchlässigkeit, die Wasseraufnahme und die Löslichkeit von Aquadentin erreichten solche Werte, daß eine Anwendung als provisorisches Füllungsmittel, besonders als Verschluß von medikamentösen Einlagen und von desinfizierten Wurzelkanälen abzulehnen ist.
Demgegenüber wies Aquatin eine verhältnismäßig hohe Dichtigkeit auf, die nach unserer Ansicht den Nachteil der starken Lösungsvorgänge überwiegt. Außerdem kann es wegen

seiner geringen Härte in der Praxis leicht entfernt werden.

Das Zinkoxyd-Nelkenöl, das auf Grund seiner positiven Reaktion auf die Pulpa in der Zahnheilkunde eine bedeutende Stellung einnimmt, konnte auch bei unseren Untersuchungen allen Anforderungen gerecht werden. Der einzige Nachteil ist, daß es infolge seines großen Pulveranteils und der daraus resultierenden festen Konsistenz mit relativ hohem Druck in die Kavität eingebracht werden muß.

Wegen ihres schnelles Erhärtens und dem hohen Grad der erreichten Härte erfreuen sich die Zinkoxyphosphatzemente Ultraphos und Plerodont großer Beliebtheit, aber nach unseren Ergebnissen zu urteilen kann es problematisch sein, sie anzuwenden. Besonders Plerodont zeigte eine so hohe Durchlässigkeit, daß unsere Versuchskörper, die in ihren Dimensionen eine normale Kavitätentiefe noch übertrafen, bereits nach 2 Tagen völlig von der Farblösung durchdrungen waren. Es ist demnach nicht möglich, Kavitäten mit diesen Materialien dicht zu verschließen. Auch die Untersuchungen über Wasseraufnahme und Löslichkeit ergaben relativ ungünstige Werte.

Bei den plastischen Fertigpräparaten Cavit-W und Pro-17 wurden die gestellten Forderungen hinsichtlich einer ausreichenden Dichtigkeit nur innerhalb der ersten 3-4 Tage erfüllt. Sie sind folglich nur als kurzfristig anwendbare Verschlußmaterialien anzusehen.

Ihrer hohen Wasseraufnahme steht eine verhältnismäßig geringe Löslichkeit gegenüber.

Eine zusammenfassende kritische Betrachtung aller untersuchten Materialien zeigt, daß es nur wenige gibt, die nach einer Liegedauer von einer Woche noch als dicht bezeichnet werden können. Ebenso sind die meisten Verschlußmittel,besonders die Zinkoxyphosphat- und die Zinkoxysulfatzemente relativ stark löslich.

Unsere Untersuchungen haben somit gezeigt, daß die temporären Verschlußmaterialien immer noch nicht allen Anforderungen, die an sie gestellt werden müssen, gerecht werden.

VI. Z U S A M M E N F A S S U N G

In der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen über verschiedene Eigenschaften (Dichtigkeit, Wasseraufnahme, Löslichkeit) der folgenden provisorischen Verschlußmaterialien durchgeführt: Aquatin, Aquadentin, Plerodont, Ultraphos, Zinkoxyd-Nelkenöl, Guttapercha, Cavit-W und Pro-17.

Wir haben uns dabei die Aufgabe gestellt, die einzelnen Materialien anhand von experimentellen Untersuchungen miteinander zu vergleichen und zu bewerten.

Voruntersuchungen ließen erkennen, daß mit steigender Menge der Anrührflüssigkeit bei allen Materialien eine Verschlechterung der untersuchten Eigenschaften eintrat.

Bei den Hauptuntersuchungen kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

1. Dichtigkeit

   Das beste Ergebnis zeigte Guttapercha, die keinerlei Eindringen von Methylenblau zuließ.

   Als Material hoher Dichtigkeit erwies sich das Zinkoxyd-Nelkenöl, das selbst nach einer Versuchsdauer von 15 Tagen kaum meßbare Werte ergab.

   Auch Aquatin konnten wir zu denjenigen Materialien zählen, die den Begriff "dichte Verschlußmittel" rechtfertigen.

   Die plastischen Fertigpräparate Cavit-W und Pro-17 nahmen eine Mittelstellung in den Ergebnissen ein. Dabei ist zu bemerken, daß Pro-17 nach einer Versuchsdauer von 12 Tagen bemerkenswert schlecht abschnitt.

   Neben Aquadentin lag auch Ultraphos nach 12 Tagen außerhalb des meßbaren Bereiches, während Plerodont diesen bereits nach 2 Tagen überschritten hatte.

2. Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme der einzelnen Versuchskörper wurde aus der Differenz zwischen dem Gewicht vor und nach dem Versuch errechnet.
Den höchsten Grad der Wasseraufnahme erreichten Cavit-W und Pro-17. Bei Pro-17 war zwischen der Messung am 2. und am 6. Tag eine sehr hohe Differenz zu verzeichnen.
Auch Aquadentin zeigte relativ große Werte.
Die besten Ergebnisse wurden wiederum mit Guttapercha erzielt, wobei wir auch zu der Feststellung gelangten, daß sie neben Aquadentin das einzige Verschlußmittel war, bei dem es vom 2. bis 6. Tag zu einer weiteren Wasseraufnahme kam.
Hinter Guttapercha konnten wir Zinkoxyd-Nelkenöl und Aquatin und schließlich die Zinkoxyphosphatzemente Plerodont und Ultraphos einstufen.

3. Löslichkeit

Den geringsten Löslichkeitsgrad wies Guttapercha auf, deren Werte unter 0,1 % lagen.
Anschließend daran konnte Zinkoxyd-Nelkenöl eingestuft werden.
Mit annähernd gleichen Werten folgten nun Cavit-W und Pro-17.
Die Zinkoxyphosphatzemente Plerodont und Ultraphos lagen mit ihrer Löslichkeit (7-9 % des Gesamtgewichtes) schon verhältnismäßig hoch.
Die höchsten Werte erhielten wir bei den Zinkoxysulfatzementen Aquatin und Aquadentin, wobei bei letzterem mehr als 15 % des Materials in Lösung ging.

An dieser Stelle möchte ich mir erlauben, Herrn Professor Dr. A. K r ö n c k e für die Überlassung des Themas und für seine Anleitung zu dieser Arbeit herzlich danken.

VII. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ALTE, URSULA
Prüfung der Durchlässigkeit provisorischer Verschlußzemente
Med. Diss. Berlin 1940

2. BERGSTEINER, W.
Vergleichende experimentelle Untersuchungen über provisorische Verschlußmaterialien
Med. Diss. München 1950

3. BOR
Zusammensetzung von Fletchers Artificial Dentin
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 3, 1455, 1900

4. CSERNYEI, JULIUS
Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhlen.
Zahnärztl. Rdsch. 5, 182, 1929

5. FORSTER, ENRICO
Sui materiali da otturazione provvisoria nelle pratica odontoiatrica : Guttaperca (Ricerche sperimentali)
Stomatologia (Roma) 29, 134-137, 1931

6. GERLACH, H.
Betrachtungen über provisorische Verschlußmittel.
Zahnärztl. Rdsch. 39, 20, 1930

7. GERLACH, H.
Über das Verschlußmittel "Plerodont".
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 4, 168, 1930

8. HÄUPL, K.
Lehrbuch der Zahnheilkunde Bd. I.
Verlag Urban und Schwarzenberg
Wien 1949

9. HÄUPL, K.
MEYER, W. und
SCHUCHARDT, K.
Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
5. Bd.
Verlag Urban und Schwarzenberg
München/Berlin 1955

10. KLOEVEKORN, F.
Experimentelle Untersuchungen einiger provisorischer Verschlußmaterialien auf deren Farbdurchlässigkeit und Bakteriendichte.
Med. Diss. Mainz 1952

11. KNAPPWOST, A.
Über die Arsendurchlässigkeit provisorischer Verschlußmittel auf mineralchemischer Grundlage.
Dtsch. zahnärztl. Z. 4, 537, 1949

12. LAURY, E.
Provisoria
Zahnärztl. Rdsch. 40, 1760, 1930

13. MILLER, W. D.
Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde.
Herausgegeben von Dr.med.W.Dieck
4. umgearbeitete Auflage
Verlag Georg Thieme, Leipzig 1908

14. NEUKOMM, P.
Löslichkeit, Druckfestigkeit und Porosität zahnärztlicher Zinkoxyphosphatzemente.
Med.Diss. Zürich 1953

15. PAPE, M.
Über Permeabilität solcher Zahnfüllungsmaterialien, die zum temporären Einschluß von Arsenik verwendet werden.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 34, 396,1931

16. PLATHNER, C.H.
Phantomkurs der konservierenden Zahnheilkunde - ein Leitfaden.
Georg Thieme Verlag, Leipzig 1956

17. PRAEGER
Über die Durchlässigkeit provisorischer Verschlußmittel, besonders Plerodont, für Arsenik.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 34, 851,1931

18. PREISWERK, G. — Lehrbuch und Atlas der Zahnheilkunde mit Einschluß der Mundkrankheiten. 2. Auflage J.F. Lehmann Verlag, München 1908

19. REBEL, H.H. — Konservierende Zahnheilkunde 2. Auflage C.Hanser Verlag, München 1947

20. SCHEFF, Julius — Handbuch der Zahnheilkunde II. Bd. 4. Auflage Hölder-Pichler-Tempsky A.G. Wien/Leipzig 1924

21. SOBKOWIAK E.-M. — Über Erfahrungen mit der direkten Überkappung unter Verwendung des Zinkoxyd-Eugenols bzw. Zinkoxyd-Nelkenöls als Wundverband. Zahnärztl. Rdsch. 71, 255, 1962

22. WALKHOFF, O.-HESS,W. — Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde, 5. Auflage J.A.Barth Verlag, Leipzig 1954

23. WANNENMACHER, E. — Zahnerhaltungskunde in: HOFER, REICHENBACH, SPRETER v. KREUDENSTEIN, WANNENMACHER : Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde 2. Bd. J.A.Barth Verlag, Leipzig 1963

24. WEBER, E. — Grundriß der biologischen Statistik 4. Auflage Gustav-Fischer Verlag, Jena 1961

L E B E N S L A U F

Ich, Hans-Georg Ruisinger, wurde am 25.9.1940 als Sohn des Rechtsanwalts Dr. Franz Ruisinger und seiner Ehefrau Trudl, geb. Höhnle, in Stuttgart geboren.

Nach 4 Jahren Volksschule besuchte ich das Wilhelmsgymnasium in Stuttgart, wo ich im Frühjahr 1960 das Abitur ablegte.

Im Sommersemester 1960 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität München und bestand dort im Sommer 1962 das Physikum.

Nach weiteren 2 Semestern in München und Berlin wurde ich im Wintersemester 1963/64 an der Universität Tübingen immatrikuliert, wo ich im Juli 1965 mein Studium mit dem Staatsexamen beendete.